Développement de nouveaux outils d'aide à la décision en canne à sucre

16/10/2024

CTCS-Martinique
ÉCOPHYTO DEPHY RÉDUIRE ET AMÉLIORER L'UTILISATION DES PHYTOS
GOUVERNEMENT Liberté Égalité Fraternité
OFB
hiphen
l'Europe s'engage en France
Collectivité Territoriale de Martinique

Sommaire

- **Introduction**
  contexte, objectifs
- **Méthode**
  protocole, matériel, traitement des données
- **Résultats**

Evaluation de la croissance, qualité de la plantation, moment de maturité

- **Conclusions et perspectives**

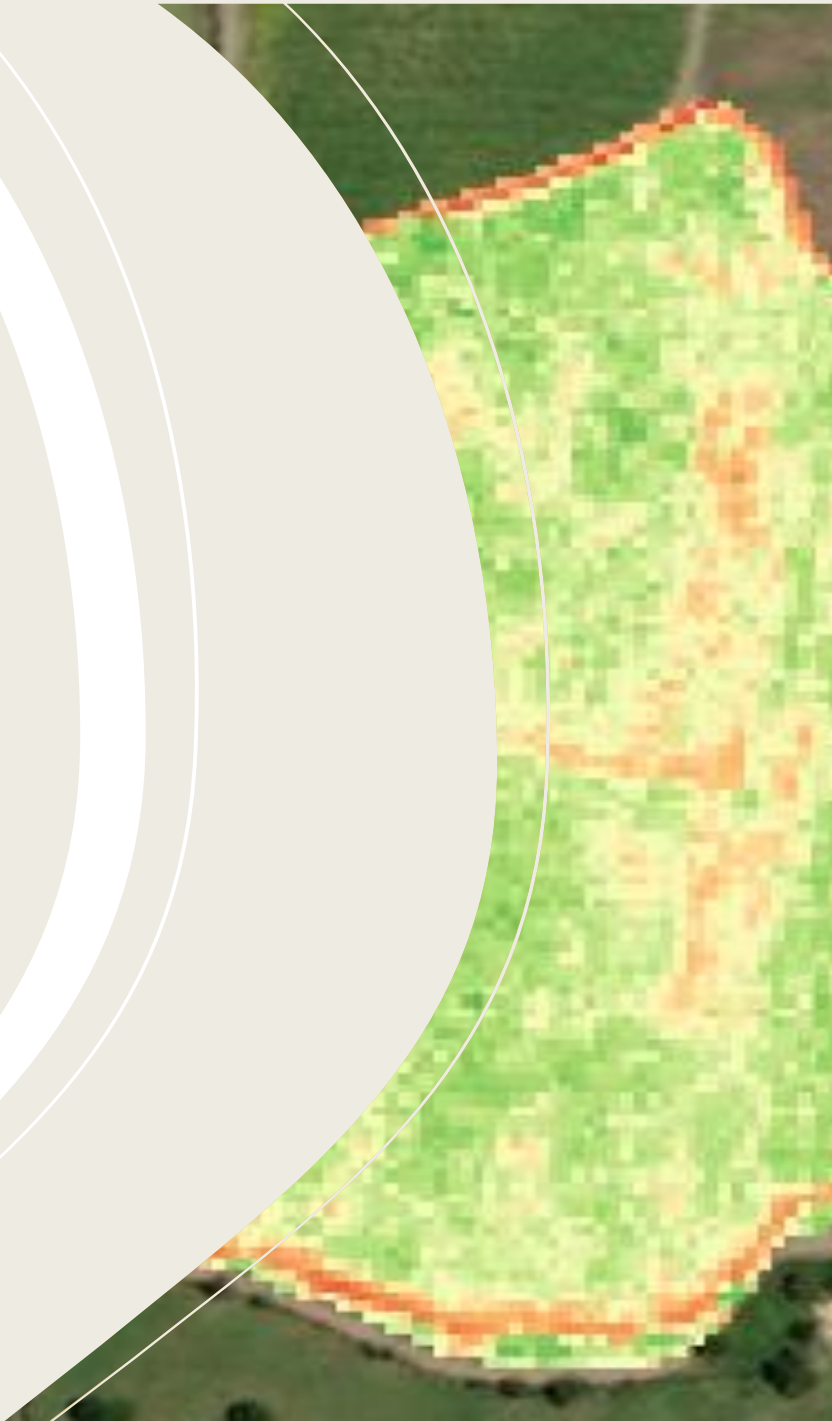
Introduction

Le projet vise à optimiser la production de canne à sucre.

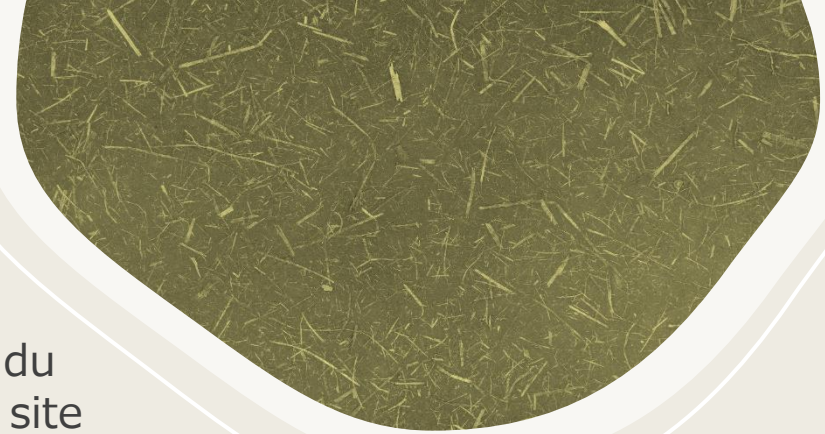
L'utilisation de drones et de satellites permet une surveillance précise de la croissance et de la qualité, répondant ainsi aux défis environnementaux actuels en optimisant l'usage de produits phytosanitaires.

Notre partenaire, hiphen, par phénotypage à haut débit traite les images afin de surveiller la croissance de la cannes, l'homogénéité de la plantation, la qualité de la culture sur le cycle de vie et la maturation avant récolte.

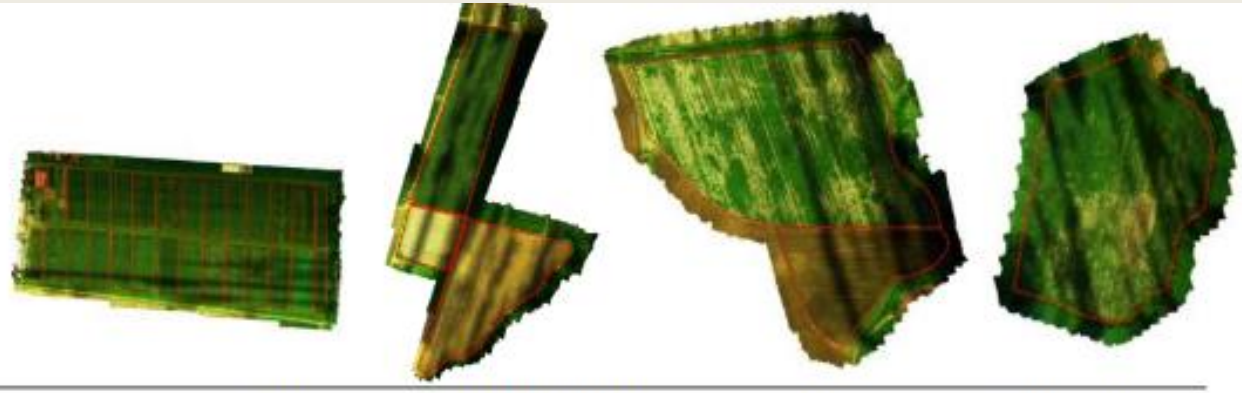
Les questions de recherche du projet sont :
-Comment évaluer la croissance de la plantation?
-Comment évaluer la qualité de la plantation?
-Comment identifier la maturité?



Méthodes



4 sites ont été retenus : ces sites correspondent à des zones d'analyse du projet. Parmi ces sites, trois sont destinés à la production, et un est un site de sélection variétale où dix variétés de canne à sucre sont analysées.



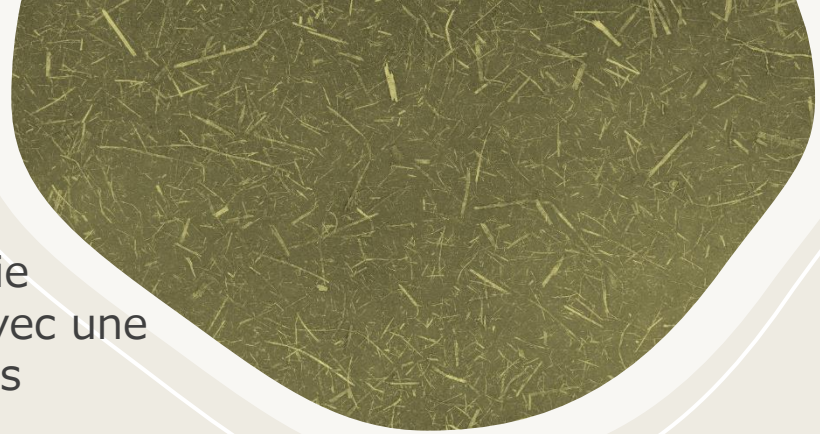
	Centre	North-Atlantique	Sud	Sud Caraibe
Area [ha]	8.1	8.5	10.1	7.6
# macro-parcelle	27	3	2	1
Type	Variétale	Production	Production	Production
# Acquisitions	11	8	8	6

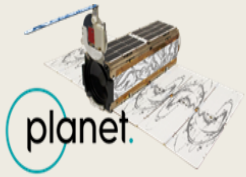
Figure 1: Spécifications des sites analysés

On adapte le nombre de missions selon les sites afin de suivre au mieux le développement des cultures, en tenant compte des conditions météorologiques, du stade phénotypique et des spécificités locales.

Méthodes

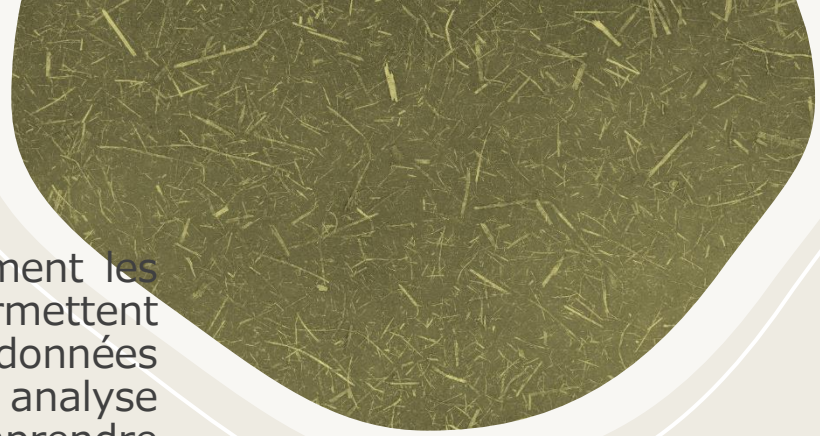
Le drone utilisé est un Phantom 4 MS, choisi pour ses capacités en imagerie multispectrale. Les vols sont effectués à une hauteur de 30 à 40 mètres, avec une résolution de 1,89 cm/pixel, suffisante pour des études précises de données multispectrales.



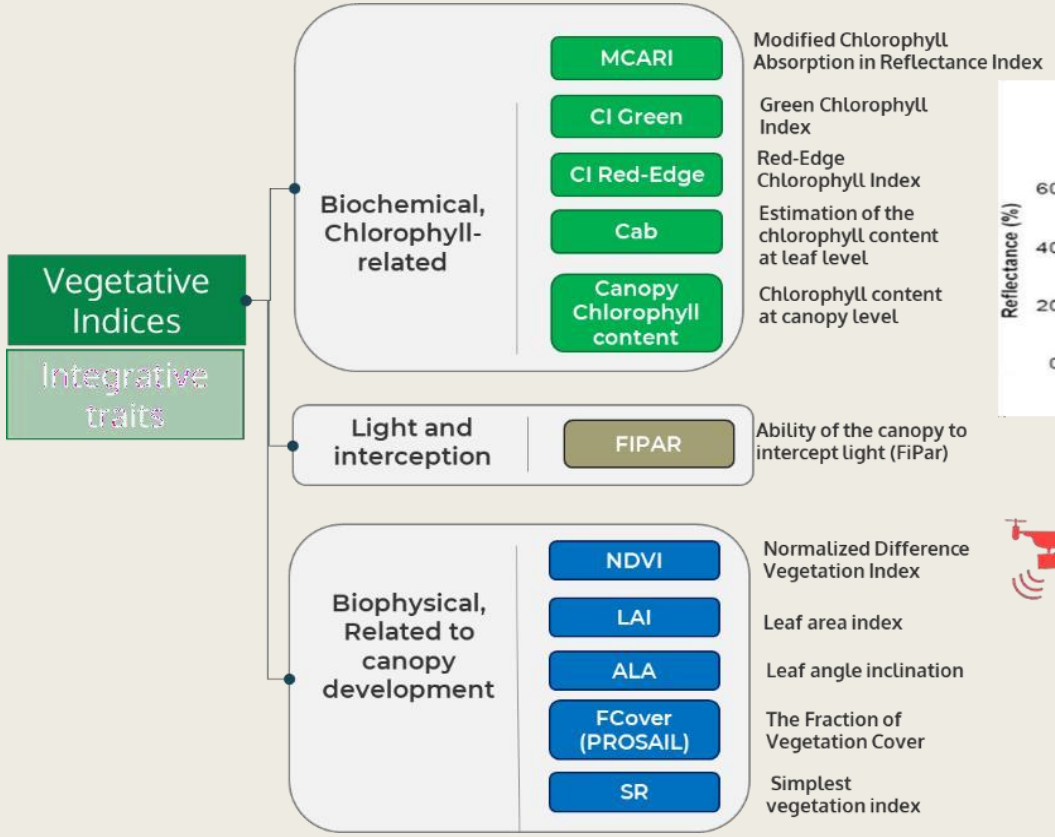
		
Device	Phantom 4 MS	Satellite
Résolution d' acquisition	1.89 cm/pixel	3 m
Capteur	Multispectral (MS)	Multispectrales en 4 canaux VIS/NIR
Traits	Vegetation indices	• Carte $NDVI_{brute}$ • Carte $NDVI_{centré}$ • Carte de zonage
Format des outputs	Raster et Shapefile et csv	Raster et geojon et csv
Résolution des outputs	Polygone de parcelle et pixel	Pixel et polygone de zonage

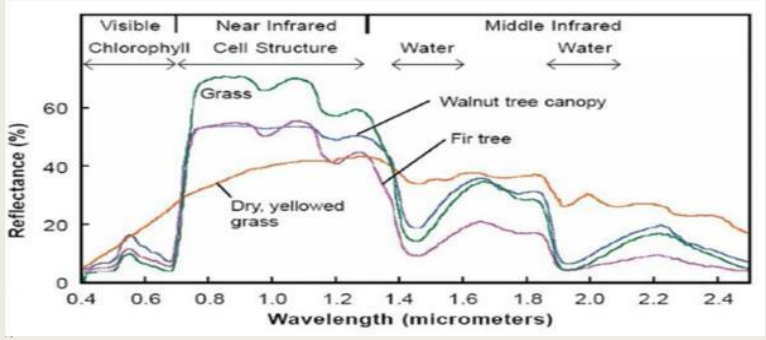
Les données acquises sont ensuite téléchargées sur la plateforme Cloverfield pour traitement. En complément, des données satellites sont collectées via le satellite Planet, avec une résolution de 3 mètres au sol pour des évaluations comme les Cartes de NDVI et le zonage des cultures

Méthodes



Les caractéristiques agronomiques évaluées dans cette étude sont principalement les **indices de végétation**. Ces indices, utilisés comme paramètres clés, permettent d'évaluer **la santé** et **la vigueur** des cultures de canne à sucre. La collecte des données se fait via des acquisitions **multispectrales** par drones et satellites, offrant une analyse détaillée des réponses physiologiques des plantes. Cela permet de mieux comprendre les variations intra-champs et d'évaluer la réussite des cultures au fil du temps.



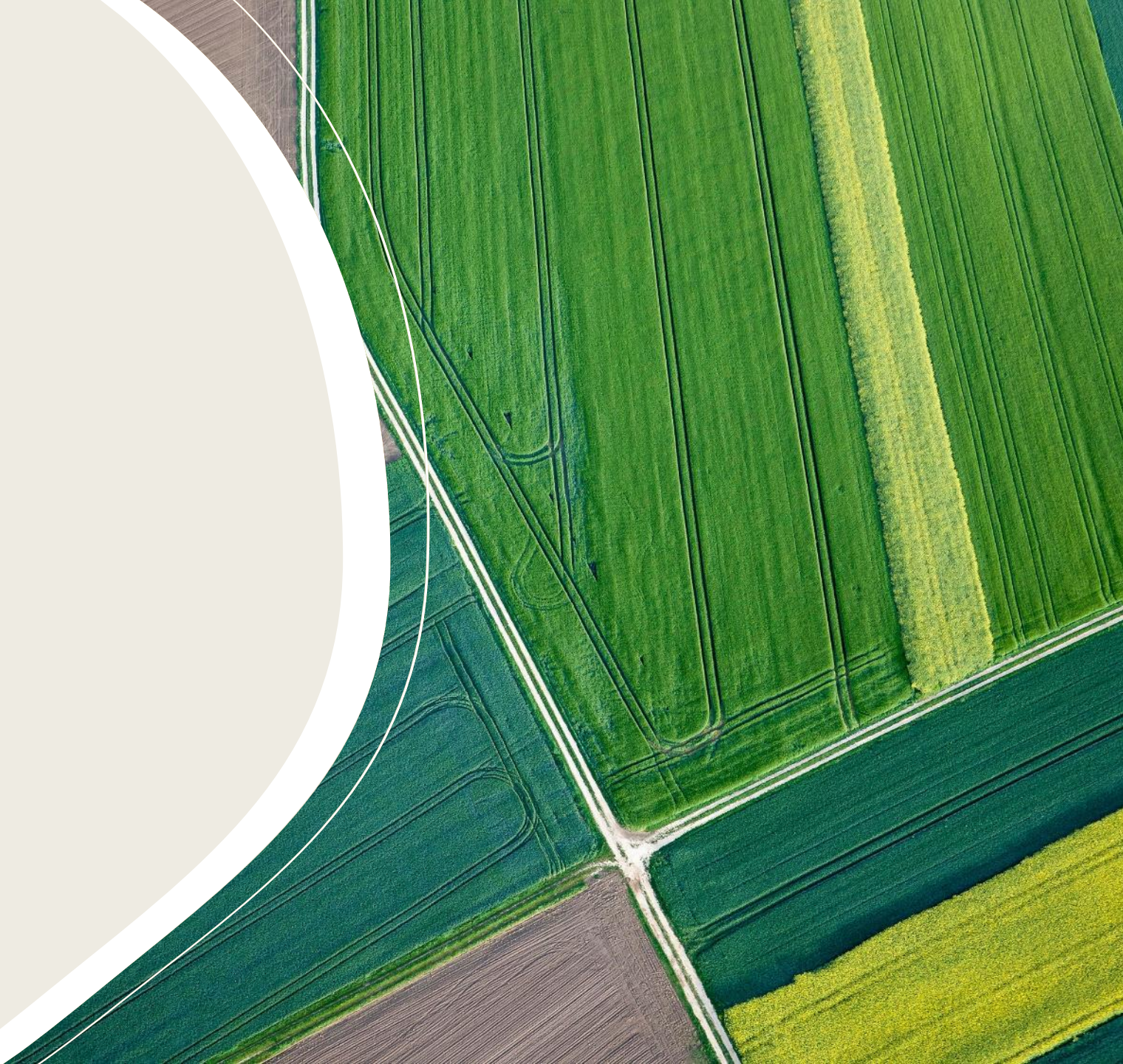


Comparaison entre NDVI à partir du satellite et du drone.

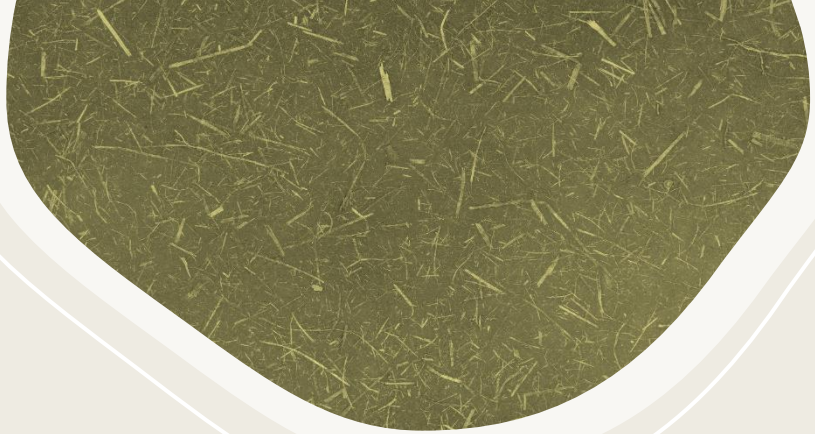
L'indice **NDVI** (Normalized Difference Vegetation Index) est particulièrement utilisé. Calculé à partir des données de réflectance dans les bandes infrarouge proche (NIR) et rouge, il est couramment utilisé pour surveiller **la couverture végétale** tout au long du cycle de culture.

Résultats

Evaluation de la croissance



Evaluation de la croissance



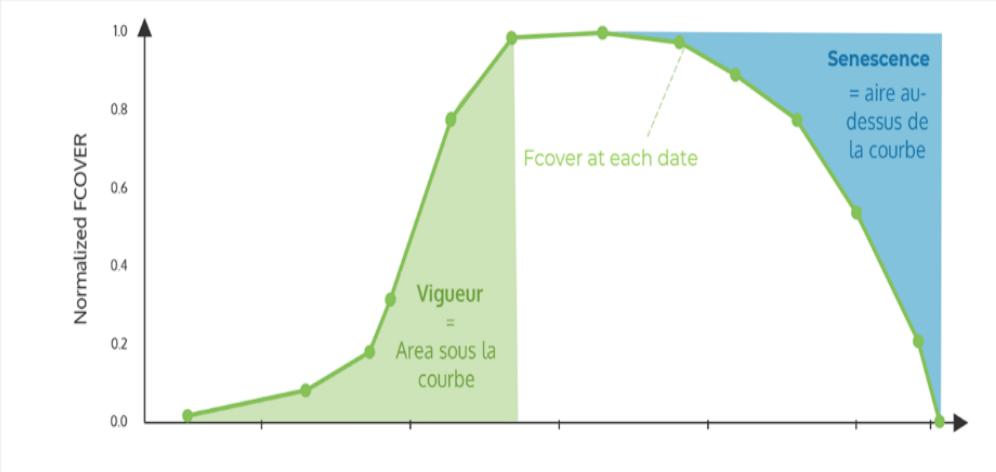
❖ **Surveillance de la couverture végétale :**
•Suivi du développement de la canne à sucre via l'indice NDVI
•Données obtenues par drone (haute résolution spatiale) et satellite (fréquence élevée).

❖ **Analyse du NDVI :**
•Trajectoire du NDVI moyen suivie sur 6-7 mois de croissance.

❖ **Comparaison des parcelles :**
- Analyse de la vigueur de la canne dans différentes parcelles.
- La vigueur est un trait intégratif : plus elle est élevée, plus la croissance est rapide.

Vegetative Indices

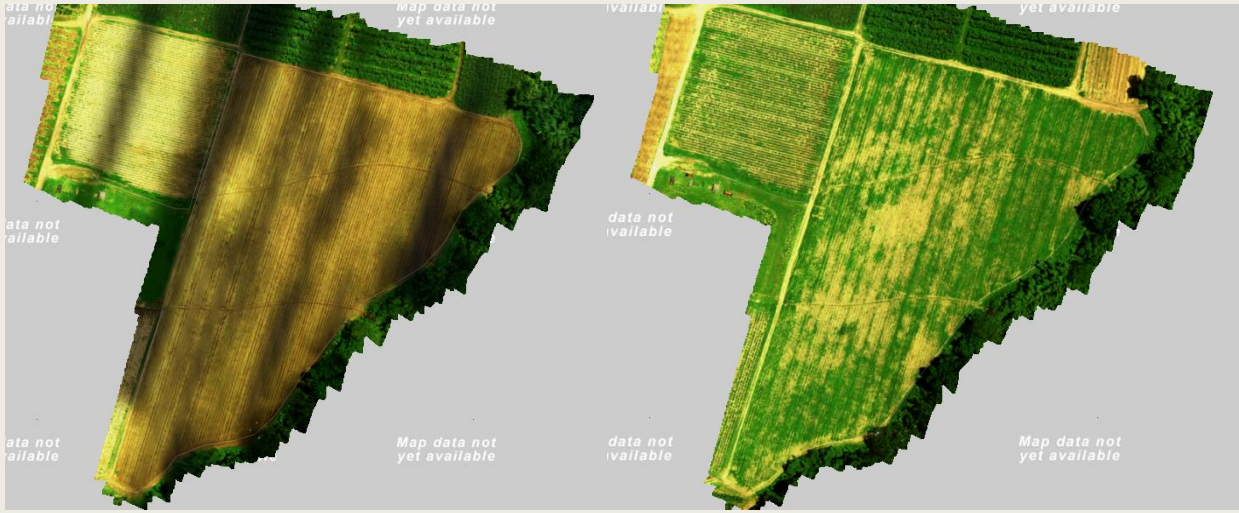
Integrative traits



❖ **Optimisation des pratiques agricoles :**
•L'évolution du NDVI à différentes étapes de croissance fournit des indications clés.
•Ces informations permettent d'optimiser la gestion des cultures pour une efficacité accrue.

❖ **Avantages et limites :**
•Les drones permettent une observation précise des détails des parcelles.
•Les satellites fournissent des données régulières, mais peuvent être limitées par les passages nuageux.

Exemple :Nord Atlantique

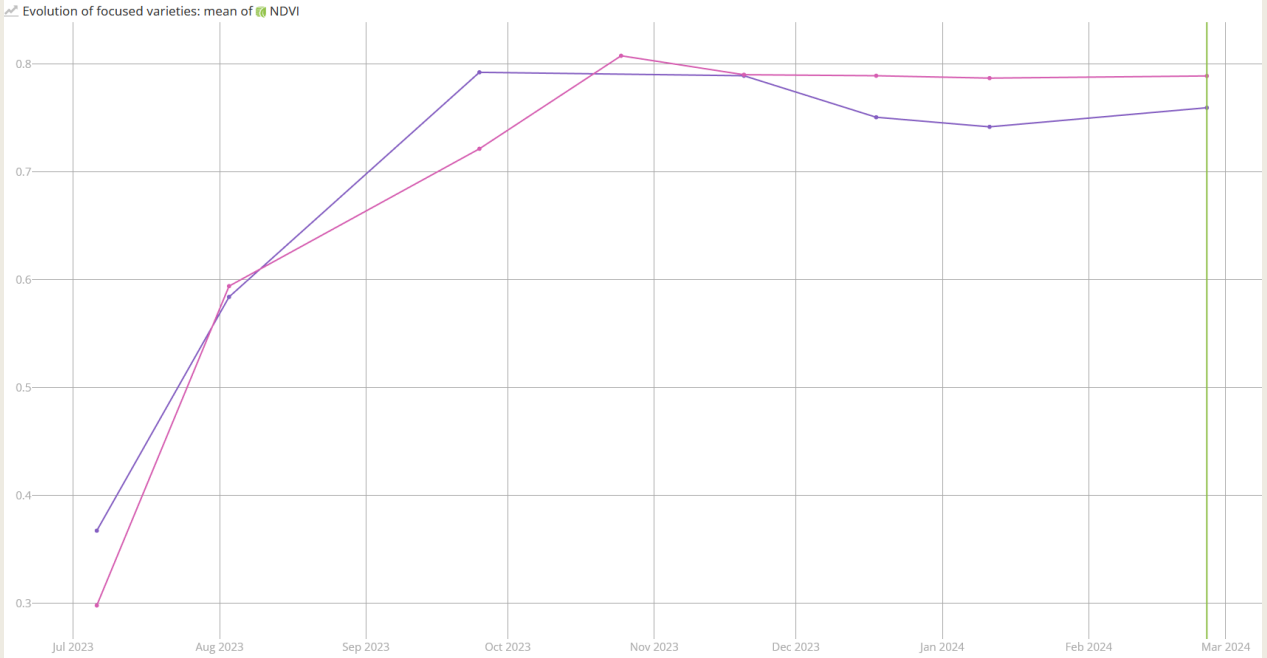


9/07/2023

3/08/2023

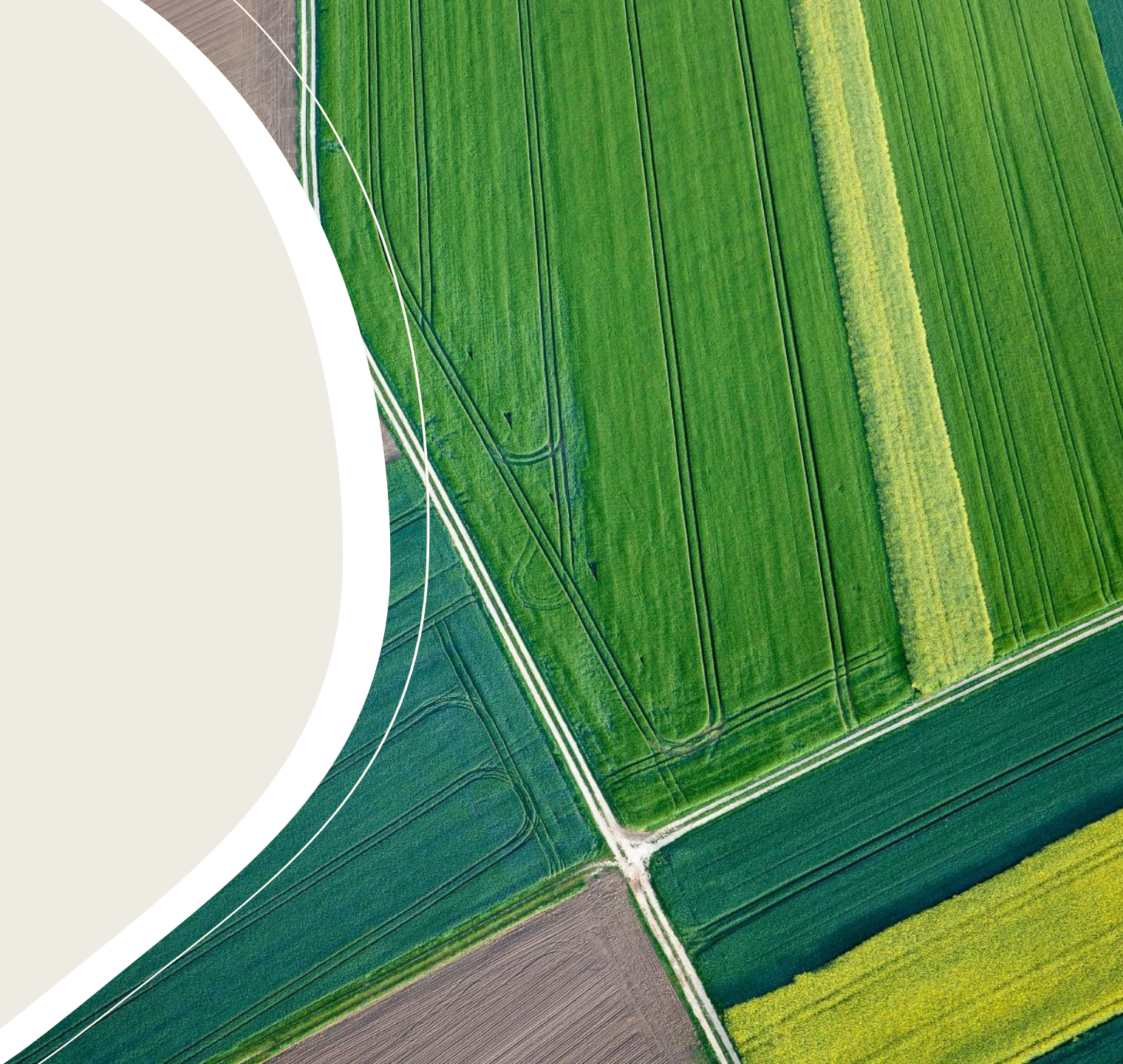
18/12/2023

26/02/2024



Résultats

Evaluation de la qualité



Homogénéité de la croissance

La qualité de la plantation est évaluée en fonction de l'homogénéité et du développement de la couverture végétale au fil du temps. Le NDVI permet de mesurer la couverture à un instant donné, mais il ne reflète pas l'évolution passée ni l'homogénéité de la croissance au cours du temps. Pour répondre aux questions sur la meilleure stratégie de surveillance de l'homogénéité des parcelles et les facteurs influençant l'hétérogénéité, une combinaison de données issues de drones et satellites a été utilisée

Les valeurs NDVI de chaque pixel sont normalisées pour comparer les différentes dates sans perdre d'amplitude. Les cartes de NDVI centrées sont cumulées pour obtenir une vision globale sur une période donnée, permettant de mieux mettre en évidence les hétérogénéités. Une classification des valeurs est ensuite appliquée pour caractériser ces hétérogénéités, le nombre d'intervalles créés étant un bon indicateur de la variabilité au sein des parcelles.

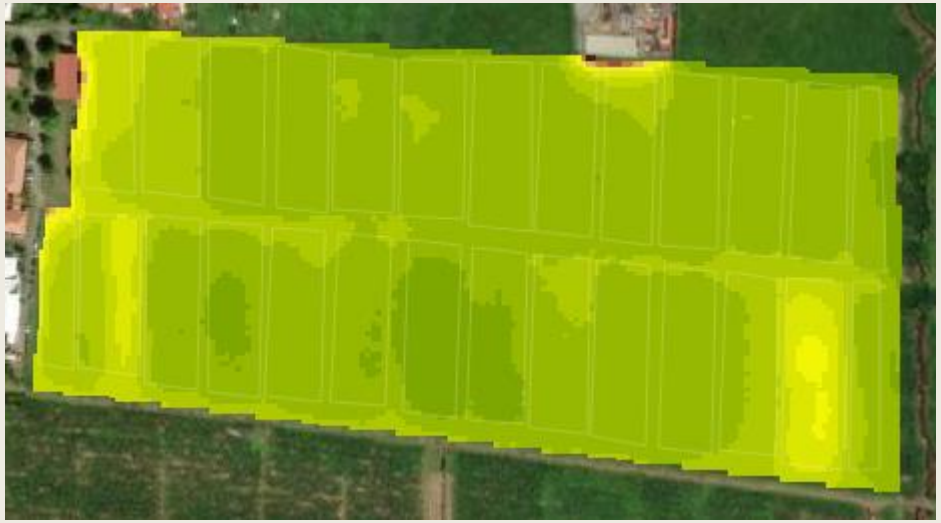
$$NDVI_{centée} = \frac{\sum_{i=date\ 0}^{date\ n} NDVI_i - \overline{NDVI}}{n}$$

Exemple CTCS

RGB

NDVI

NDVI Classé



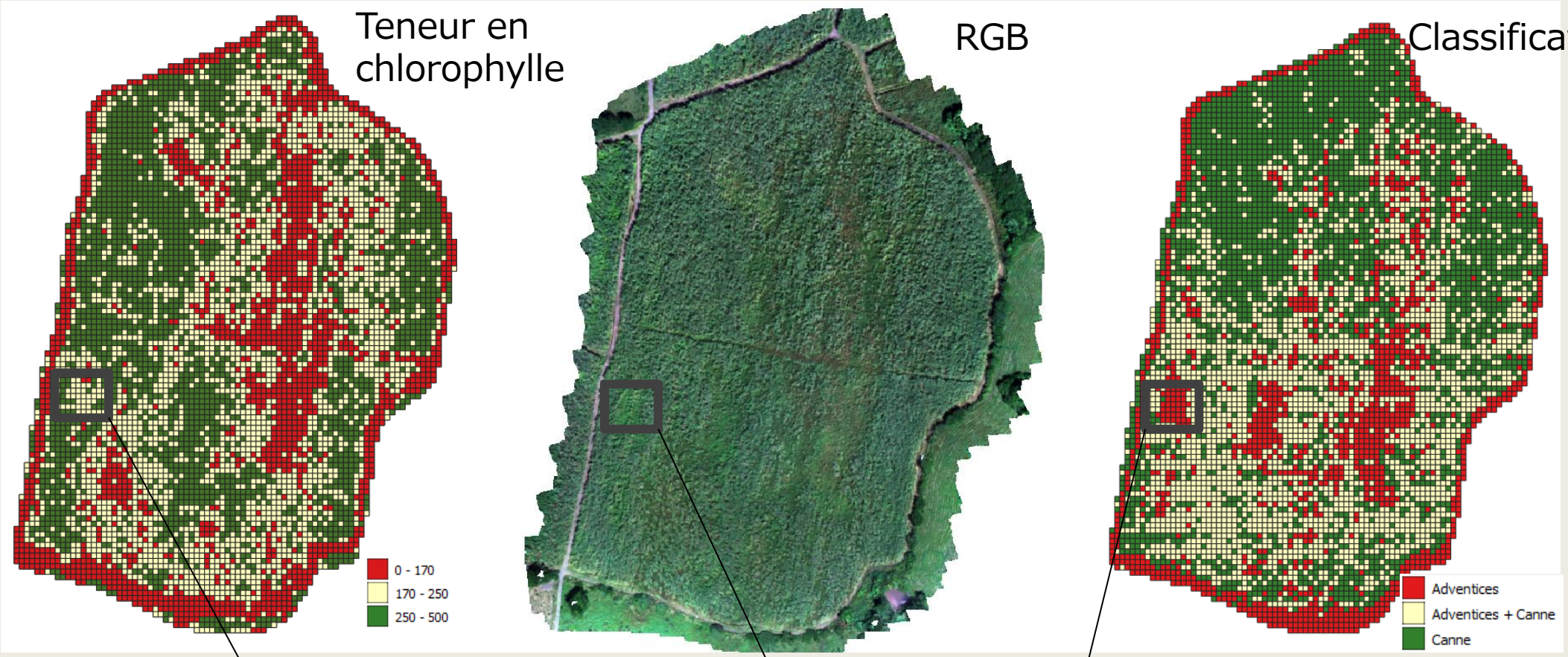
NDVI hétérogénéité

Les facteurs causant ces hétérogénéités

Les facteurs qui influencent l'homogénéité de la culture, et donc la qualité et le succès de la plantation, incluent la présence de trous dans la culture et la repousse de mauvaises herbes, notamment des adventices comme les lianes. Les zones de sol nu peuvent être identifiées grâce aux indices de végétation, puisqu'elles ne génèrent aucun signal. En revanche, les adventices peuvent fausser les analyses en altérant le signal de la couverture végétale détectée par drone ou satellite. Bien que le contenu en chlorophylle permette d'identifier les zones de sol nu, il est difficile de distinguer entre la canne à sucre et les adventices uniquement sur cette base, car le signal ne permet pas de différencier les types de végétation.

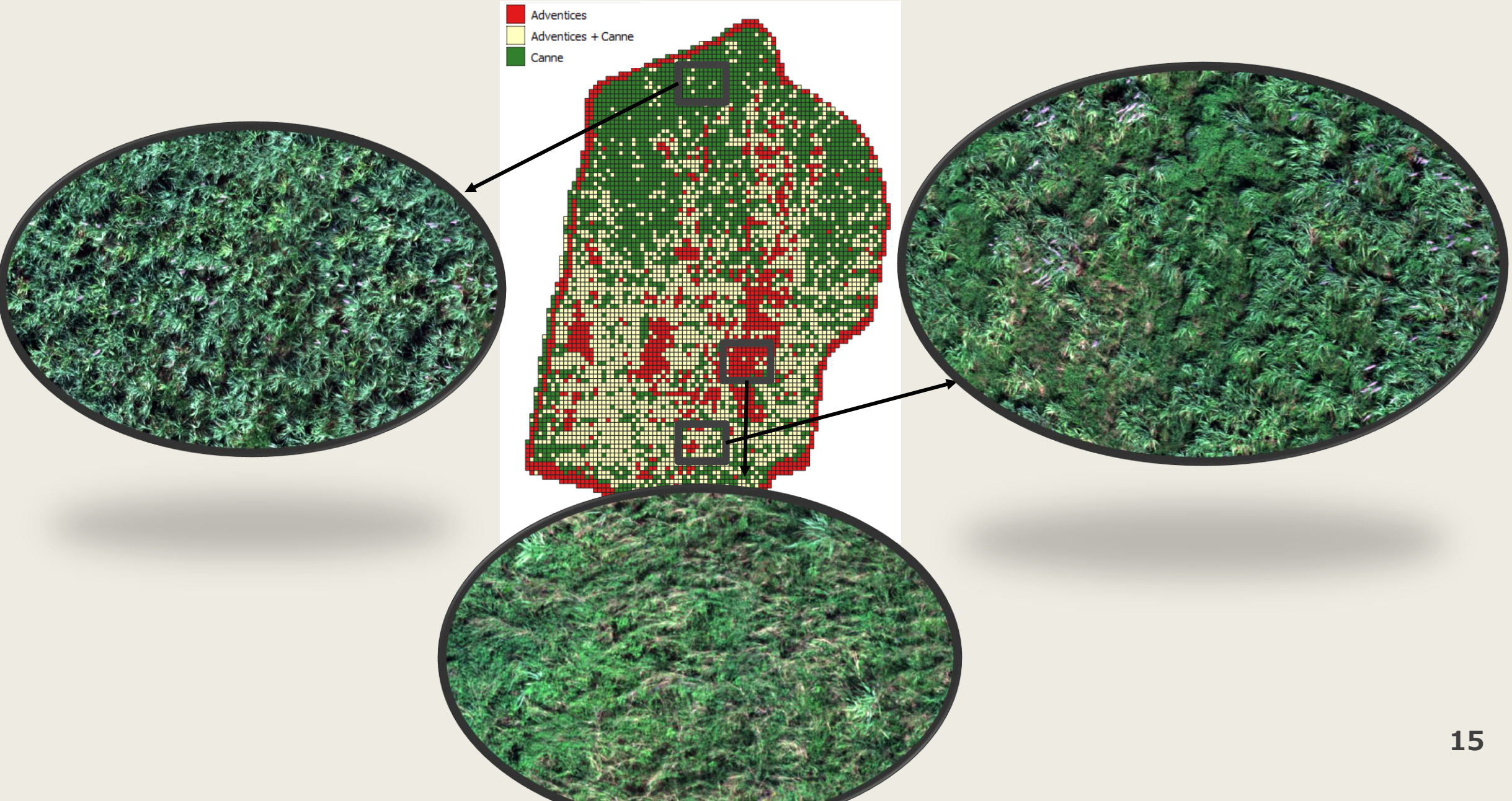
Pour surmonter ce problème, une méthode de classification non supervisée basée sur un algorithme de clustering est utilisée afin de discriminer la canne à sucre des adventices. Cette analyse a été appliquée à une acquisition réalisée dans le Sud-Caraïbe le 01/12/2023, où une forte hétérogénéité a été observée en raison de la présence de sol nu et d'adventices

Exemple Trois Rivières



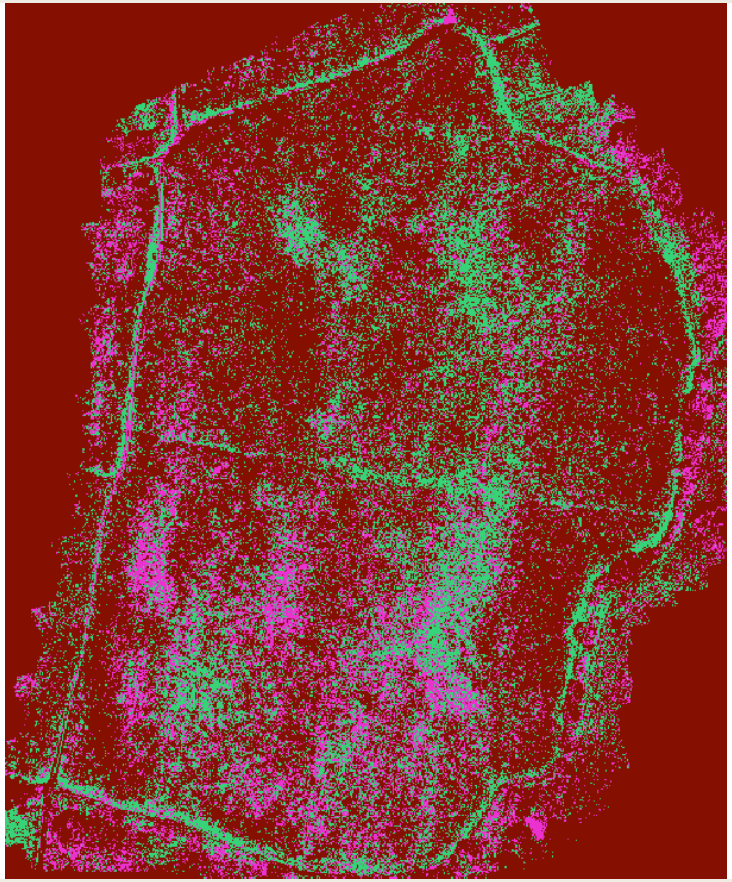
Exemple Trois Rivières

Classification non supervisée

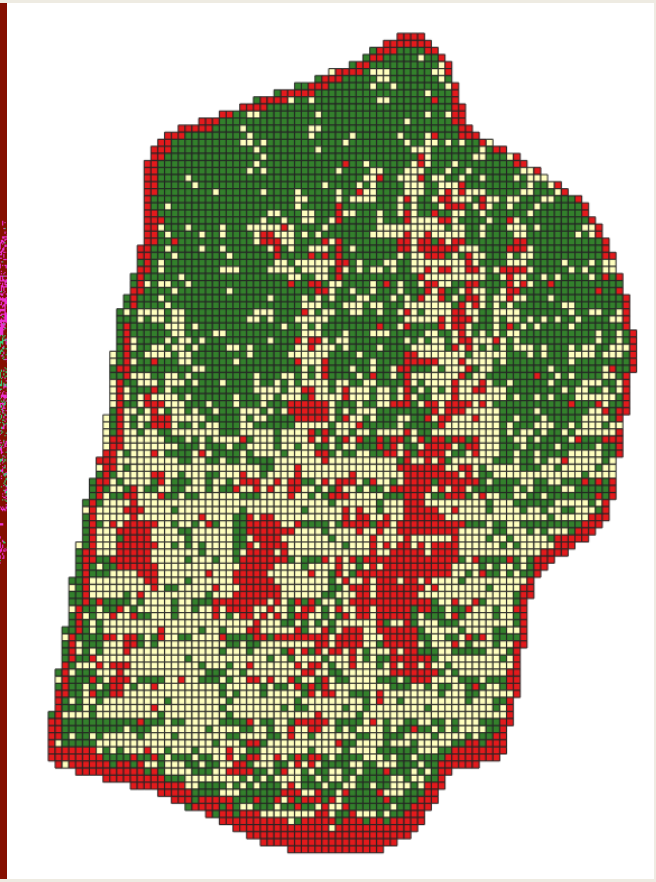


Classification supervisée vs non supervisée

RGB



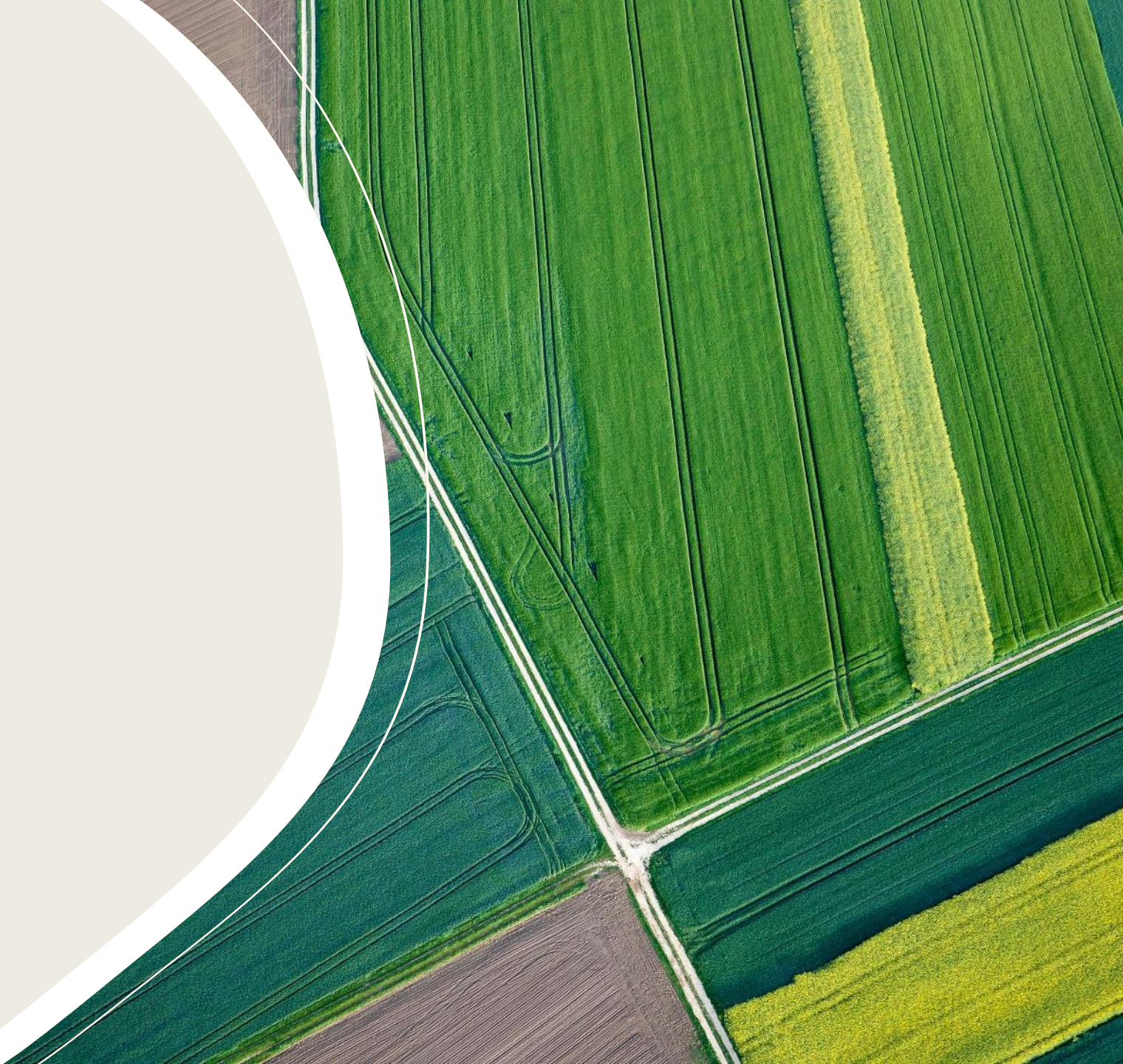
Classification supervisée



Classification non supervisée

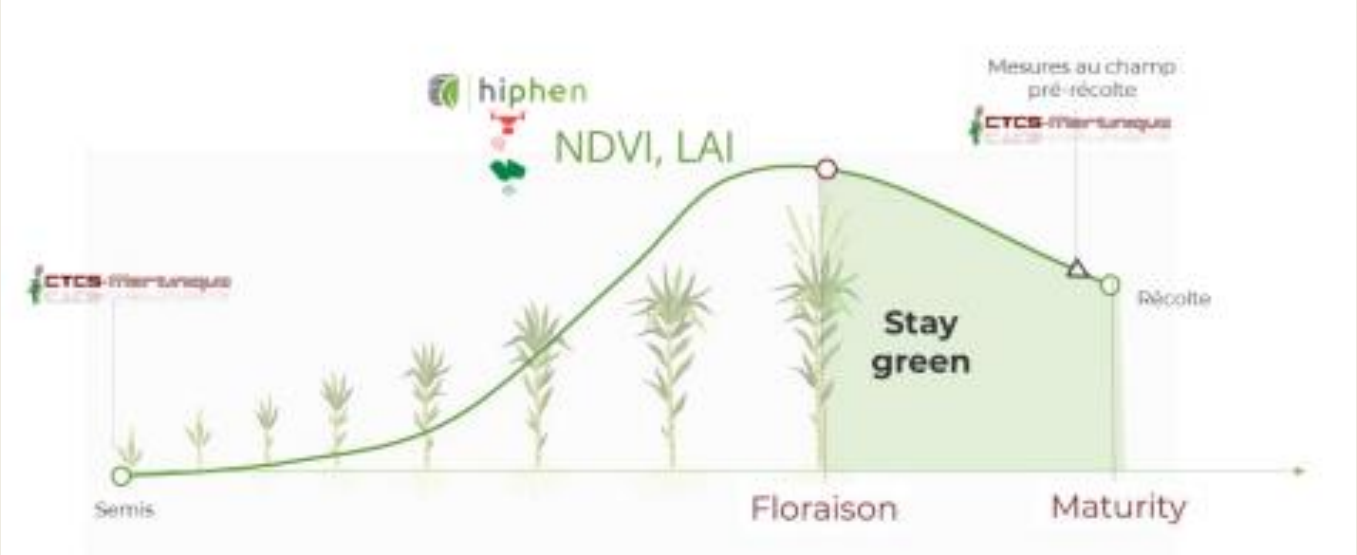
Résultats

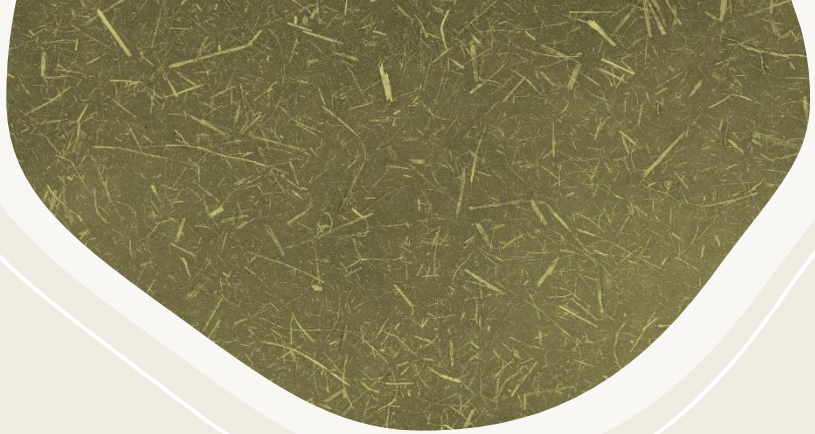
Evaluation de la maturité



Comment peut-on identifier le moment de la maturité?

La capacité de la canne à sucre à rester verte après avoir atteint son pic végétatif est une caractéristique cruciale pour la sélection variétale, car elle est liée à la persistance de la photosynthèse en fin de cycle. L'évaluation de cette maturité, à partir du critère "stay green", repose sur des indicateurs comme l'aire sous la courbe du NDVI durant la sénescence. Les variétés avec un haut niveau de "stay green" conservent leur verdure grâce à des mécanismes génétiques coordonnant l'assimilation et la remobilisation des nutriments, ainsi qu'à la dégradation contrôlée de la chlorophylle.





Malgré un suivi fréquent par drone, il n’y a pas de baisse significative du NDVI car la canne à sucre mûre conserve des feuilles vertes en haut, tandis que les feuilles sèches se trouvent en bas. Cela rend difficile l’évaluation de la maturité par voie aérienne. De plus, le jaunissement des feuilles n'est pas un indicateur fiable pour estimer la maturité, nécessitant souvent des analyses en distillerie/sucrerie. Par conséquent, le critère "Stay Green" ne semble pas pertinent pour la canne à sucre, contrairement à d'autres cultures. Des approches alternatives, comme la prédiction phénomique, pourraient être explorées pour mieux évaluer la maturité via des critères détectables par drone.

Conclusion et perspectives

•**Complémentarité entre Drones et Satellites** :
- •**Satellite** : Permet un suivi régulier et à grande échelle grâce à une haute résolution temporelle.
- •**Drone** : Offre une résolution spatiale très fine, adaptée aux analyses précises à l'échelle des parcelles.

•**Principaux Résultats** :
- •L'indice NDVI et la modélisation de l'aire sous la courbe (AUC) ont fourni une cartographie précise des zones de croissance hétérogènes.
- •Les images du drone ont permis une cartographie précise des zones avec adventices
- •L'indicateur stay green n'est pas adapté pour évaluer la maturité de la canne.

•**Perspectives** :

•Adoption d'une **stratégie multi-capteurs** :

Approfondir la détection d'hétérogénéité pour intervenir efficacement

Affiner la détection d'adventices dans l'objectif de traitements ciblés

Merci